

Санкт-Петербургский государственный университет Олимпиада школьников «Дорога в медицину»

Заключительный этап. 2014-2015 уч. год. 10 класс. Вариант X

Задание 1. *За подробный, полный и развёрнутый ответ – 20 баллов*

Дима и Саша старшекласники, начинающие курильщики. Однажды Дима за короткий промежуток времени выкурил подряд несколько сигарет. Вдруг Саша заметил, что Дима побледнел, у него появилась одышка и задрожали руки. Дима стал жаловаться на головную боль, головокружение, тошноту. Он почувствовал сильную боль в области сердца. Друзья сильно испугались и решили выяснить, что послужило причиной этому состоянию. В популярной книге о вреде курения они прочитали, что у курильщиков со стажем на внутренней оболочке артериальных сосудах небольшого диаметра (особенно мозга), коронарных артериях сердца и других органов откладывается жироподобное вещество холестерин (см. рис. 1, позиция 1). Постепенно с каждой затяжкой дымом сигареты просвет коронарных сосудов сердца сужается (см. рис. 1, позиция 2). Уменьшение диаметра сосудов приводит к "обкрадыванию" кислородом и питательными веществами жизненно-важных органов (к ним относятся сердце, мозг, почки). Такое состояния уменьшения доставки к органам кислорода врачи называют ишемия. Из этой же книги друзья узнали, что никотин сигарет действует и как ядовитое вещество, разрушающее мышечную ткань сердца и отрицательно воздействующее на работу нервных клеток. Описанные изменения в организме курильщиков приводят к возникновению приступов головной боли, болей в области сердца, как это случилось с Димой.

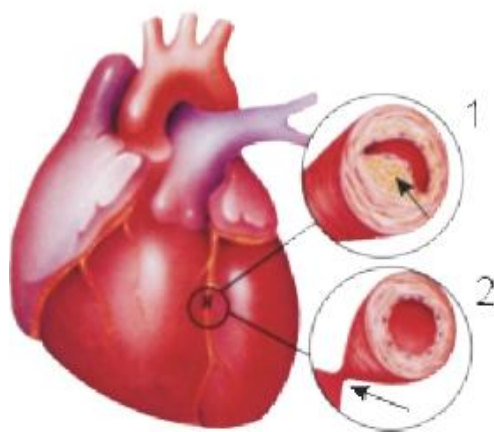


Рис. 1. Нарушения в коронарных сосудах при «табачной стенокардии»

Позиция 1 – отложение холестерина в стенке сосуда

Позиция 2 – сужение коронарного сосуда



Рис. 2. Строение кровеносного сосуда (норма)

У Димы при исследовании крови обнаружено, что концентрация гемоглобина составляет 120 г/л (норма 120-145 г/л). Известно, что после выкуривания одной сигареты 15% гемоглобина крови превращается в карбоксигемоглобин.

1. Объясните, что это за соединение и как увеличение его концентрации в организме влияет на дыхательную функцию крови.
2. Рассчитайте кислородную емкость крови (КЕК) у Димы, используя данные из задачи. КЕК – это максимальное количество кислорода, которое может связать гемоглобин при его полном насыщении кислородом. В условиях нормального организма 1 грамм гемоглобина связывает 1,34 мл кислорода.
3. Какие химические вещества вдыхает человек с табачным дымом и как они воздействуют на организм?

Ответ: 1. Карбоксигемоглобин, $HbCO$, продукт присоединения CO к гемоглобину (Hb). Гемоглобин транспортирует в ткани меньше кислорода (нарушается перенос кислорода от лёгких к тканям). В результате наступает кислородное голодание (гипоксия) мозга и других тканей.

2. КЕК: $120 \times 15 : 100 = 18(г)$ – количество гемоглобина, связанного с CO .

$120 - 18 = 102(г)$ – количество гемоглобина, связанного с O_2 .

$102 \times 1,34 = 136,7(мл)$ – столько кислорода может связать гемоглобин в 1 литре крови

Так как у человека 5 литров крови, то: Ответ: $136,7 \times 5 = 683,5(мл)$ – кислородная емкость крови

3. Никотин и бензидин (нервно-паралитические яды), полоний-210, угарный газ, канцерогенные смолы и ещё несколько сотен соединений.

Задание 2. Прочитайте задание. Ответьте на вопросы (*за правильный, полный, развернутый ответ дается 10 баллов*). Установлено, что содержание ионов калия и натрия различно снаружи и внутри клетки. В таблице приведены значения концентраций этих ионов для клеток мышцы лягушки:

Концентрации ионов	Снаружи клетки	Внутри клетки
K ⁺ , моль/л	2,5	140
Na ⁺ , моль/л	120	9,2

Объясните механизмы формирования градиентов концентрации указанных ионов по обе стороны мембраны.

Ответ: *Такая разница концентраций обусловлена: Избирательной проницаемостью мембраны (пропускает ионы калия и не пропускает натрий); Наличием активного транспорта через мембрану (калий закачивается в клетку, а натрий выкачивается наружу с затратой энергии АТФ)*

Задание 3. Бактерии играют важную роль в биологически значимых круговоротах веществ в окружающей среде, осуществляя химические превращения, не доступные ни растениям, ни животным. В организме человека бактериальная флора главным образом сосредоточена в кишечнике. Расскажите о роли бактерий в природе и в организме человека (*за правильный, полный, развернутый ответ дается 10 баллов*)

Ответ: *1) в пищевых цепях – редуценты;*

2) участвуют в циклах всех биологически важных элементов и обеспечивают круговорот веществ в биосфере, многие ключевые реакции круговорота веществ (напр., нитрификация, денитрификация, азотфиксация, окисление и восстановление соединений серы) осуществляются только бактериями;

3) кожа, слизистые оболочки, кишечник и многие другие органы животных и человека имеют постоянную микрофлору (совокупность микроорганизмов); в кишечнике бактерии помогают усваивать пищу (прежде всего – расщеплять полисахариды), вырабатывают витамины (главным образом группы В), на слизистых – формируют привычную микрофлору, которая препятствует внедрению чужеродных патогенных бактерий и т. д.

Задание 4. Решите задачу, запишите решение (*за правильный ответ и решение – 10 баллов*)

В процессе транскрипции для присоединения 1 моля мононуклеотида при формировании РНК затрачивается 1 моль АТФ. Копируемый фрагмент составляет 120 молей мононуклеотидов, причем 20% в нем представлено гуанозинмонофосфатом и 40% аденозинмонофосфатом.

1. Дайте определение процесса транскрипции.
2. Сформулируйте принцип транскрипции.
3. Рассчитайте молярную массу глюкозы.
4. Сколько глюкозы (в граммах) понадобится окислить в анаэробных условиях, чтобы присоединить соответствующее количество молей пиримидинмонофосфатов при копировании фрагмента (объясните Ваши расчеты поэтапно)?

ОТВЕТ:

1. Транскрипция – синтез РНК на матрице ДНК.

2. Принцип комплементарности: аденин комплементарен урацилу, гуанин комплементарен цитозину.

3. Молярная масса глюкозы равна 180 г/моль, рассчитывается по формуле: $(C_6H_{12}O_6) = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6$.

4. Аденин и гуанин в сумме 60% - это пурины, исходя из принципа комплементарности пиримидины составят те же 60%, значит от 120 молей это 72 моля мононуклеотидов. В

анаэробных условиях при окислении 1 моля глюкозы образуется 2 моля АТФ. Следовательно, нужно 36 моль глюкозы.

Пересчет $36 \times 180 = 6480$ г

Задание 5. Решите задачу, запишите решение (за правильный ответ и решение – 10 баллов)

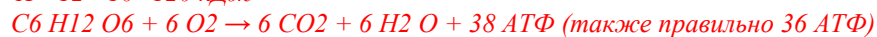
Мышцы руки при выполнении вольных упражнений расходуют за 1 минуту 12 кДж энергии. Определите:

1. Сколько всего граммов глюкозы израсходуют мышцы рук за 10 минут, если кислород доставляется кровью к мышцам в достаточном количестве? Энергоемкость 1 моля АТФ = 40 кДж.

2. Накопится ли в мышцах молочная кислота?

Решение:

$$X = 12 \cdot 10 = 120 \text{ кДж}$$



$$180 \text{ г/моль глюкозы} \quad 38 \text{ АТФ} \cdot 40 \text{ кДж} = 1520 \text{ (36 АТФ} \cdot 40 \text{ кДж} = 1440)$$

$$X = 120 \cdot 180 : 1520 = 14,2 \text{ (г) (для 36 АТФ – равно 15 г)}$$

Ответ: 1) 14,2 г 2) нет, т.к. O_2 достаточно

Задание 6. На уроке биологии школьникам предложили выполнить опыт. Слюну (примерно 5 мл) собирают с помощью воронки. Пронумерованные пробирки ставят в штатив и в каждую добавляют по 1 мл слюны. Затем в каждую пробирку добавляют указанные в таблице вещества и подвергают определённой обработке. По окончании опыта во все пробирки добавляют по капле раствора йода. В свободные ячейки запишите результат: как будет происходить переваривание в каждой пробирке и как изменится цвет. Объясните результат. А) Какой фермент содержится в слюне? Б) Какие условия необходимы для того, чтобы процесс пищеварения проходил наиболее эффективно? (за правильный, полный, развернутый ответ дается 15 баллов)

№ пробирки	Содержимое пробирки	Предварительная обработка	Условия эксперимента	Результат	Какое условие для переваривания не соблюдено
1	1 мл слюны	$t 100^{\circ}C$	Добавляют 3 мл 1 % раствора вареного крахмала. Помещают в термостат с температурой $37-38^{\circ}C$ на 30 минут		
2	1 мл слюны	1мл 0,5 % раствора HCl			
3	1 мл слюны	Без обработки			
4	1 мл слюны	Ставят в стакан со льдом	Добавляют 3 мл 1 % раствора вареного крахмала. Оставляют в стакане со льдом		

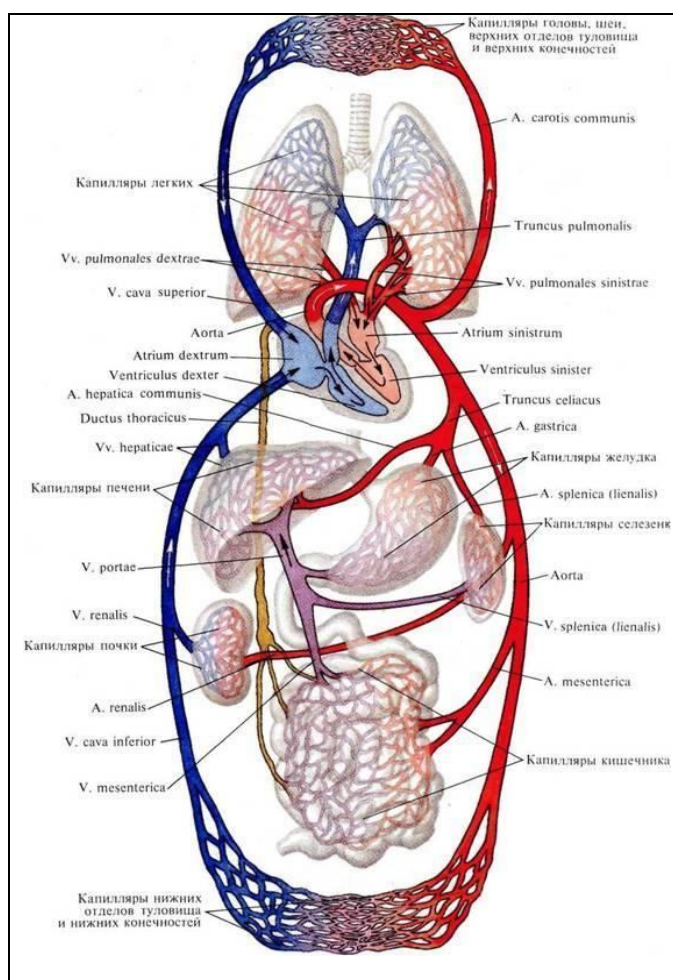
ОТВЕТ:

№ пробирки	Содержимое пробирки	Предварительная обработка	Условия эксперимента	Результат	Какое условие для переваривания не соблюдено
1	1 мл слюны	$t 100^{\circ}C$	Добавляют 3 мл 1 % раствора вареного крахмала. Помещают в термостат с температурой $37-38^{\circ}C$	Содержимое синее. Переваривания нет.	Не активен фермент слюны. Температура.
2	1 мл слюны	1мл 0,5 % раствора HCl		Синеет. Переваривания нет.	Кислая среда, фермент неактивен.

				3				Е								
						4		Н								
								5С								
					6			А								
			7					Л								
				8				И								
9								З								
			10					М								

*Ответ: 1. Антагонизм 2. Комменсализм 3. Кооперация 4. Конкуренция 5. Симбиоз 6. Паразитизм
7. Мутуализм 8. Хищничество 9. Нейтрализм 10. Консументы*

Задание 1. Прочитайте задание (за подробный, полный и развернутый ответ – 20 баллов)



Известно, что у молодого человека, 170 см роста и массой 70 кг, в сосудистой системе находится 4,5-5,5 л крови. Этот объем крови неравномерно распределяется в системе кровообращения.

Ответьте на вопросы:

1. К какой группе мышечных тканей относится сердечная мышца: поперечно-полосатой или гладкой (зачеркните неправильный ответ).
2. В чем состоит значение межклеточных связей в сердечной мышце?
3. Как зависит частота сердечных сокращений (ЧСС) от размера организма, например, у человека, слона, мыши? Какая ЧСС у человека в норме?
4. Опишите один сердечный цикл.
5. Во время какой фазы сердечного цикла сердце имеет наибольший объем?
6. Посмотрите на рисунок сердца (помните, в его составе имеются два насоса). Как вы считаете, за время одного цикла работы эти два насоса перекачивают одинаковое количество крови в одно и то же время или разное?
7. Дайте название физической модели, с помощью которой вы обоснуете ответ №6, и нарисуйте этот прибор.

Ответы: 1) Сердечная мышца относится к поперечно-полосатой мышечной ткани.

2) Межклеточные связи создают между отдельными кардиомиоцитами прочное механическое соединение и возможность обмена небольшого размера молекулами, например, ионами кальция.

3) Выявлена зависимость между длительностью жизни и некоторыми параметрами, например, ЧСС. У мелких животных (например, мышь, крыса) короткая длительность жизни (месяцы) и ЧСС больше, чем у человека (300-600 сокращений в минуту). У слона ЧСС меньше, чем у человека (20-30 сокращений в минуту). Вес сердца слона около 20-30 кг и длительность жизни составляет 25-30 лет. ЧСС у человека в норме составляет 60-80 в минуту, средний вес 300 г.

4) Один сердечный цикл состоит из систолы предсердий и желудочков, диастолы этих же отделов сердца и сердечной паузы.

5) Во время диастолы сердце имеет наибольший объем.

б) За время одного цикла работы правый и левый желудочки сердца перекачивают одинаковое количество крови в одно и то же время.

7) Сердце работает по типу сообщающихся сосудов.

Задание 2. Этанол (этиловый спирт) - одноатомный спирт с формулой C_2H_5OH (эмпирическая формула C_2H_6O), второй представитель гомологического ряда одноатомных спиртов, при стандартных условиях летучая, горючая, бесцветная прозрачная жидкость.

1) К каким последствиям приводит действие этилового спирта (или продуктов его распада) на клетку?

2) Какие химические свойства этилового спирта «ответственны» за его отрицательное воздействие на клетку? *(за правильный, полный, развернутый ответ дается 10 баллов)*

***Ответ:** 1. В зависимости от дозы, концентрации, пути попадания в организм и длительности воздействия этанол может обладать наркотическим и токсическим действием. Длительное употребление этанола может вызвать такие заболевания, как цирроз печени, гастрит, язва желудка, рак желудка, рак пищевода, сердечно-сосудистые заболевания. Сам этанол не является канцерогеном, но его основной метаболит ацетальдегид является токсичным, мутагенным и канцерогенным веществом, кроме того, ацетальдегид повреждает ДНК. Употребление этанола может вызвать повреждение нейронов головного мозга, а также их гибель вследствие повреждения гематоэнцефалического барьера. Употребление алкоголя во время беременности в 10% случаев приводит к тяжелым анатомическим аномалиям и в 25-35% случаев к серьезным психоневрологическим отклонениям у ребенка. Алкоголь легко проходит через плаценту, но очень долго выводится из организма плода.*

2. Первичное действие алкоголя – повреждение мембраны клетки в результате активации перекисного окисления липидов. Алкоголь и ацетальдегид (первый метаболит этанола) вызывает нарушения митотического веретена, что приводит к нарушениям числа хромосом при делении клетки.

Задание 3. Бактерии играют важную роль в биологически значимых круговоротах веществ в окружающей среде, осуществляя химические превращения, не доступные ни растениям, ни животным. В организме человека бактериальная флора главным образом сосредоточена в кишечнике. Расскажите о роли бактерий в природе и в организме человека *(за правильный, полный, развернутый ответ дается 10 баллов)*

***Ответ:** 1) в пищевых цепях – редуценты;*

2) участвуют в циклах всех биологически важных элементов и обеспечивают круговорот веществ в биосфере, многие ключевые реакции круговорота веществ (напр., нитрификация, денитрификация, азотфиксация, окисление и восстановление соединений серы) осуществляются только бактериями;

3) кожа, слизистые оболочки, кишечник и многие другие органы животных и человека имеют постоянную микрофлору (совокупность микроорганизмов); в кишечнике бактерии помогают усваивать пищу (прежде всего – расщеплять полисахариды), вырабатывают витамины (главным образом группы В), на слизистых – формируют привычную микрофлору, которая препятствует внедрению чужеродных патогенных бактерий и т. д.

Задание 4. Решите задачу, запишите решение (за правильный ответ и решение – 10 баллов)

В процессе транскрипции для присоединения 1 моля мононуклеотида при формировании РНК затрачивается 1 моль АТФ. Копируемый фрагмент составляет 120 молей мононуклеотидов, причем 20% в нем представлено гуанозинмонофосфатом и 40% аденозинмонофосфатом.

1. Дайте определение процесса транскрипции.
2. Сформулируйте принцип транскрипции.
3. Рассчитайте молярную массу глюкозы.
4. Сколько глюкозы (в граммах) понадобится окислить в анаэробных условиях, чтобы присоединить соответствующее количество молей пиримидинмонофосфатов при копировании фрагмента (объясните Ваши расчеты поэтапно)?

Ответ:

1. Транскрипция – синтез РНК на матрице ДНК.
2. Принцип комплементарности: аденин комплементарен урацилу, гуанин комплементарен цитозину.
3. Молярная масса глюкозы равна 180 г/моль, рассчитывается по формуле:
 $(C_6H_{12}O_6) = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 16 \times 6 = 180$
4. Аденин и гуанин в сумме 60% - это пурины, исходя из принципа комплементарности, пиримидины составят те же 60%, значит от 120 молей это 72 моля мононуклеотидов. В анаэробных условиях при окислении 1 моля глюкозы образуется 2 моля АТФ. Следовательно, нужно 36 моль глюкозы.
Пересчет с учетом молярной массы глюкозы: $36 \times 180 = 6480 \text{ г}$

Задание 5. Решите задачу, запишите решение (за правильный ответ и решение – 10 баллов)

Бегун расходует за 1 минуту 24 кДж энергии. Сколько глюкозы потребуется для бега с такой затратой, если 50 минут в его организме идет полное (аэробное) окисление глюкозы, а 10 минут – гликолиз? Энергоемкость 1 моля АТФ 40 кДж.

Решение:

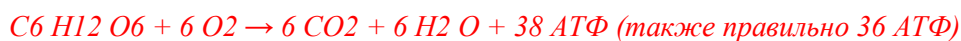
1) Гликолиз: $X = 24 \cdot 10 = 240 \text{ кДж}$



180 г/моль глюкозы $2 \text{ АТФ} \cdot 40 \text{ кДж} = 80$

$$X = 240 \cdot 180 : 80 = 540 \text{ (г)}$$

2) Аэробное окисление: $Y = 24 \cdot 50 = 1200 \text{ кДж}$



180 г/моль глюкозы $38 \text{ АТФ} \cdot 40 \text{ кДж} = 1520 \text{ (36 АТФ} \cdot 40 \text{ кДж} = 1440)$

$$Y = 1200 \cdot 180 : 1520 = 142 \text{ (г) (для 36 АТФ – равно 150 г)}$$

3) $540 + 142 = 682 \text{ (г глюкозы) (с учетом 36 АТФ – равно 690 г)}$

Задание 6. На уроке биологии школьникам предложили выполнить опыт.

Для того чтобы выяснить условия, при которых происходит пищеварение в желудке, выполнили следующий опыт: в шесть пробирок поместили различные растворы, добавили в каждую (кроме шестой) одинаковое количество протертого яичного белка и поместили в термостат (кроме пятой). Как вы думаете, в какой из пробирок через два часа произойдет полное переваривание белка, в какой – частичное, а в какой переваривание идти не будет? Объясните почему. Ваши ответы занесите в пустующие ячейки таблицы. Сформулируйте вывод о том, какие усло-

вия необходимы для переваривания пищи в желудке (*за правильный, полный, развернутый ответ дается 15 баллов*)

№ пробирки	Содержимое пробирки	t ⁰ C	Есть переваривание или нет	Какое условие для переваривания не соблюдено
1	Желудочный сок + протёртый белок	38 ⁰ C		
2	Желудочный сок + протёртый белок + сода	38 ⁰ C		
3	Прокипячённый желудочный сок + протёртый белок	38 ⁰ C		
4	0,5% HCl + протёртый белок	38 ⁰ C		
5	Желудочный сок + протёртый белок	20 ⁰ C		
6	Желудочный сок + кусочек белка	38 ⁰ C		

Ответ: Для пищеварения в желудке необходимы: оптимальная кислотность среды и температура, наличие ферментов, измельчение субстрата для увеличения поверхности соприкосновения.

№ пробирки	Содержимое пробирки	t ⁰ C	Есть переваривание или нет	Какое условие для переваривания не соблюдено
1	Желудочный сок + протёртый белок	38 ⁰ C	Полное	<i>Все условия соблюдены</i>
2	Желудочный сок + протёртый белок + сода	38 ⁰ C	Нет	<i>Щелочная среда</i>
3	Прокипячённый желудочный сок + протёртый белок	38 ⁰ C	Нет	<i>Разрушены ферменты в результате кипячения</i>
4	0,5% HCl + протёртый белок	38 ⁰ C	Нет	<i>Отсутствуют ферменты</i>
5	Желудочный сок + протёртый белок	20 ⁰ C	Частичное	<i>Низкая температура. Снижение скорости метаболических реакций</i>
6	Желудочный сок + кусочек белка	38 ⁰ C	Частичное	<i>Крупный кусок, необходима большая площадь соприкосновения для ферментов</i>

Задание 7. Известно, что практически все клетки взрослого организма человека содержат одинаковый набор генов. Как можно объяснить, что, например, эпителиальная и нервная клетки, имея одинаковые гены, столь различны по форме и функциям? (за правильный, полный, развернутый ответ - 10 баллов)

Ответ. Суть дела в т. н. дифференциальной активности генов: в ходе детерминации (определения судьбы клеток) при эмбриональном развитии организма в разных клетках активируются разные гены, в результате чего синтезируются различные информационные РНК и белки. За счет избирательного включения (выключения) определенных генов и, следовательно, синтеза (прекращения синтеза) определенных белков с каждым последующим делением постепенно происходит ограничение возможных путей развития определённой группы клеток. Так, например, в будущих эпителиальных клетках включаются гены, ответственные за синтез соответствующих «эпителиальных» белков, и выключаются (но не исчезают!) гены тех белков, которые эпителиальным клеткам не свойственны. Синтезированные же специфические белки будут определять строение и функции клеток. Аналогичная ситуация складывается и в других клеточных линиях.

Задание 8. Поговорка - образное выражение, оборот речи, метко определяющий какое-либо явление жизни; в отличие от пословицы, лишена обобщающего поучительного смысла. Есть такое народное выражение: «У него - семь пядей во лбу». А что это означает? Есть ли этому какое-то биологическое объяснение? (за логичное объяснение этого выражения - 5 баллов)

Ответ: выражение возникло на основе френологических представлений о том, что по высоте лба можно судить об умственных способностях человека. Старинная мера длины, пядь, равнялась расстоянию между концами растянутых большого и указательного пальцев (меньшая пядь) или большого и среднего пальцев (большая пядь). Характеристика умного человека как «семи пядей во лбу» на гиперболе – такой человек должен был бы иметь лоб высотой около полутора метров.

Сейчас известно, что размер мозга (варьирование в пределах нормы) не влияет напрямую на интеллектуальные способности. Другой факт – увеличение размеров головы чаще всего бывает при гидроцефалии. Поскольку эта ситуация развивается с раннего детства, то при выраженной гидроцефалии интеллектуальные способности могут снижаться.

Задание 9. Решите кроссворд. (за правильное решение - 10 баллов)

Впишите слова по горизонтали.

1. Совокупность различных групп живых организмов и среды их обитания в определенной климатогеографической зоне.
2. Количество организмов биогеоценоза, выраженное в единицах массы.
3. Твёрдая оболочка Земли.
4. Наука о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой.
5. Сфера разумной активности людей по преобразованию окружающей среды.
6. Водная оболочка Земли.
7. Совокупность организмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории.
8. Оболочка земли, населенная живыми организмами.
9. Академик, разработавший учение о биосфере.
10. Внешняя оболочка биосферы.
11. Совокупность живых организмов, населяющих определенную территорию.

							1						
							Б						

